

Übungsblatt zur Vorlesung Einführung und Grenzflächenaspekte der Photovoltaik

PD Dr. Thomas Dittrich, PD Dr. Thomas Hannappel,
Dipl.-Ing. Julian Tornow



Übungsblatt 9

Aufgabe 1 (6 Punkte)

In Abb. 1 ist der prinzipielle Aufbau einer mit Farbstoff sensibilisierten Solarzelle dargestellt. Erläutere die Funktionsweise der Farbstoffsolarzelle anhand der in Abb. 1 markierten Schritte 1-6.

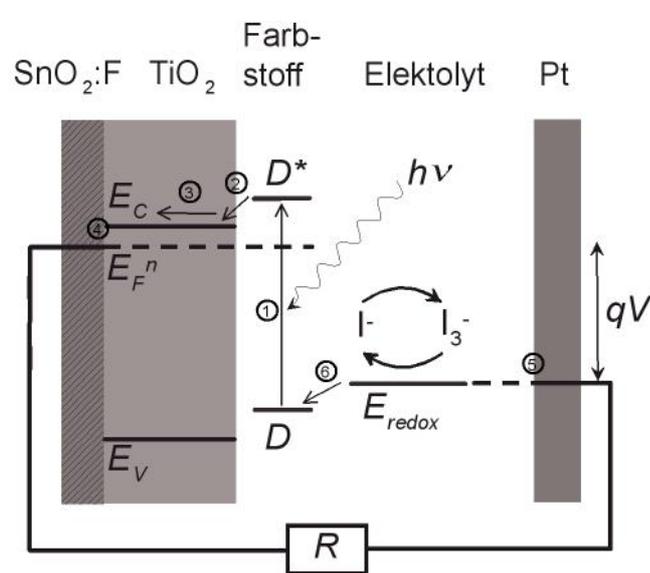


Abb. 1: Schematische Darstellung einer Farbstoffsolarzelle.

Aufgabe 2 (8 Punkte)

Im Elektrolyt befinden sich oxidierte und reduzierte Teilchen, wobei das Potential des oxidierten Teilchens höher liegt als das des reduzierten Teilchens, was analog zu Valenz- und Leitungsband im Festkörper betrachtet werden kann. Das so genannte Redoxpotential liegt abhängig von der Konzentration der oxidierten und reduzierten Teilchen zwischen deren Potentialen und kann in Analogie zur Fermienergie im Festkörper gesehen werden.

Durch thermische Fluktuation erfolgt eine energetische Verbreiterung der Oxidations- und Reduktionspotentiale im Elektrolyt (vgl. Abb. 2) zu $W_{ox}(E) \cdot c_{Ox}$ bzw. $W_{red}(E) \cdot c_{Red}$, wobei $W(E)$ die Verteilungsfunktion und c die Konzentration für das jeweilige Teilchen beschreibt.

- Ein nicht entarteter n-Halbleiter wird in eine Elektrolytlösung gegeben, deren Redoxpotential unterhalb der Fermienergie des Halbleiters liegt. Die Konzentration der reduzierten und oxidierten Teilchen betrage 0.1 M (1 M = $6.022 \cdot 10^{23}$ Teilchen pro Liter). Wo wird das Potential im wesentlichen abfallen? Warum?
- Betrachte weiterhin das System aus Teil a). Es fließen zwei Teilströme über die Halbleiter-Elektrolyt-Grenzfläche. Zum einen der Strom aus dem Leitungsband zum oxidierten Teilchen und zum anderen der Strom vom reduzierten Teilchen hinein ins Leitungsband.

Die Zahl der unbesetzten Zustände im Leitungsband ist so groß, dass sie nicht berücksichtigt werden muss. Definiere die beiden Teilströme mit Hilfe der Elektronenkonzentration im Halbleiter n , der Ratenkonstante für den Elektronentransfer k , sowie der Verteilungsfunktion $W(E)$ und der Konzentration c der jeweiligen Teilchen.

- c) Wie groß ist der Strom aus dem Leitungsband zur oxidierten Spezies im Gleichgewichtsfall.
- d) Der Gesamtstrom setzt sich aus der Summe der in Teil b) hergeleiteten Teilströme zusammen. Benutze die in Übung 4 (Aufgabe 3 b) erläuterte Nebenbedingung und leite eine Diodengleichung für den Halbleiter-Elektrolyt-Kontakt her.

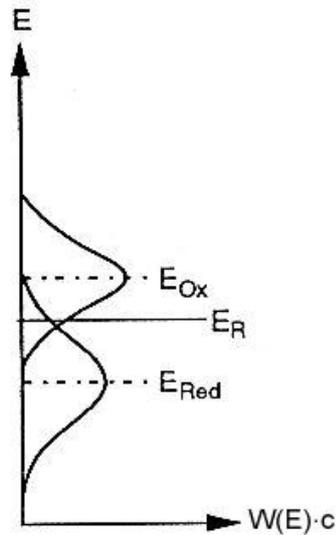


Abb. 2: Verteilung des Oxidations- (E_{ox}) und Reduktionspotentials (E_{red}) multipliziert mit der Konzentration.

Aufgabe 3 (3Punkte)

Da in der kolloidalen TiO_2 -Schicht kein elektrischer Potentialabfall erfolgt, ist der Transportprozess rein durch Diffusion bestimmt. Ladungsträger können jedoch nicht unabhängig von ihren Gegenladungen diffundieren, da sich zwischen ihnen ein internes elektrisches Feld aufbaut. In der Farbstoffsolarzellen werden daher die injizierten Elektronen durch eine positiv geladene Ionenwolke abgeschirmt, mit der sie zum Kontakt diffundieren. Dieser gekoppelte Diffusionsprozess wird als ambipolare Diffusion bezeichnet, die einen konzentrationsabhängigen Diffusionskoeffizienten D_a besitzt:

$$D_a = \frac{(n + p)}{(n/D_p) + (p/D_n)}$$

dabei sind n und p die Konzentration der Elektronen bzw. Löcher und D_n und D_p deren Diffusionskoeffizienten.

Im Experiment wird in der Farbstoffsolarzelle ein 0.5 M Elektrolyt benutzt, dessen Ionen einen Diffusionskoeffizienten von $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$ besitzen. Bei einer Laseranregung mit $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ Photonen wird ein ambipolarer Diffusionskoeffizient von $2 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ bestimmt. Zeige, dass der geringe Diffusionskoeffizient im Elektrolyt nur einen geringen Einfluss auf die Diffusion der Elektronen hat.